

Otto Löyttinen

OHJELMOITAVAN
MOOTTORINOHJAUSYKSIKÖN
TUTKIMINEN M50B25 -
OTTOMOOTTORISSA

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikka


Maaliskuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä 16.5.2012	
Tekijä(t) Otto Löytinen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikka	
Nimeke Ohjelmoitavan moottorinohjausyksikön tutkiminen m50b25 -ottomoottorissa			
Tiivistelmä <p>Tämän työn tarkoituksena oli saada auto toimimaan paremmin, vähentää polttoaineen kulutusta ja kasvattaa huipputehoa. Tarkoituksena oli myös oppia ymmärtämään paremmin moottorinohjauksen toimintaa.</p> <p>Työssä asensin omaan autooni ohjelmoitavan moottorinohjausyksikön, Megasquirtin. Kasasin ja asensin ohjainyksikön alusta loppuun. Säädön tein aluksi itse ja loput hoiti alan ammattilainen.</p> <p>Tärkein tulos tässä työssä oli moottorin tehon ja vääntömomentin kasvu. Tehoa Megasquirtilla saatiin lisää 8,2kilowattia ja vääntömomenttia 15newtonmetriä. Myös auton käyttäytyminen muuttui paremmaksi tasaisten teho- ja vääntömomenttikuvaajien ansiosta.</p> <p>Kaiken kaikkiaan työssä onnistuttiin hyvin, koska tavoitteisiin päästiin. Opin ymmärtämään paremmin moottorinohjauksen toimintaa ja tehon sekä vääntömomentin kasvu oli merkittävä.</p>			
Asiasanat (avainsanat) Moottori, viritys, elektroniikka, moottorinohjaus, ECU			
Sivumäärä 19	Kieli Suomi	URN	
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Juhani Martikainen		Opinnäytetyön toimeksiantaja	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 16.5.2012	
Author(s) Otto Löyttinen		Degree programme and option Car and transportation technology	
Name of the bachelor's thesis Studying programmable engine control unit in M50B25 engine			
Abstract <p>The idea of the work came from interest to tune engine and decrease fuel consumption. The purpose of this work was to make the car work better with lower fuel consumption and increase the peak power. Target car in this work was BMW 525i with M50B25 gasoline engine.</p> <p>A programmable engine control unit was installed to the car. Assembling and installing was carried out from beginning to end myself. Programming was made first of myself and the rest took care professional programmer.</p> <p>The most important result of this work was that the engine power and torque increased. The power increased 8.2 kilowatts and torque 15 newtonmeters. The behavior of the engine turned better because regular power and torque curves. Also the fuel consumption decreased little at freeway driving.</p>			
Subject headings, (keywords) motor, ECU, tuning			
Pages 19	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Juhani Martikainen		Bachelor's thesis assigned by	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	OTTOMOOTTORI	1
3	BENSIININ SUIHKUTUSJÄRJESTELMÄT.....	2
4	MOOTTORIN OHJAUS	3
5	MEGASQUIRT.....	3
5.1	Valmistelut.....	4
5.2	Piirilevyn kokoaminen.....	5
5.3	Johdotus	8
5.4	Asennus autoon.....	9
5.5	Säätö	9
6	ONGELMAT	14
7	TULOKSET	15
8	JATKOSUUNNITELMAT	17
9	YHTEENVETO	18
	LÄHTEET	20

1 JOHDANTO

Tämän työn idea tulee kiinnostuksesta moottorinvirittämiseen ja moottorinohjauksen toimintaan. Tässä opinnäytetyössä käsitellään ohjelmoitavan moottorinohjausyksikön asentamista ja säätämistä bensiinikäyttöisessä polttomoottorissa.

Tavoitteita työssä oli useampia. Tärkein tavoite oli oppia ymmärtämään paremmin moottorinohjausyksikön toimintaa ja kasvattaa yleistä tietämystä autoelektroniikasta. Seuraavaksi tärkein tavoite työssä oli saada Megasquirt toimimaan autossa moitteettomasti. Tämä sisältää auton toimivan mahdollisimman pienellä polttoaineenkulutuksella tavallisessa ajossa. Lisäksi tavoitteena oli lisätä moottorin maksimitehoa ja vääntömomenttia, sekä yleisesti parantaa moottorin toimintaa.

2 OTTOMOOTTORI

Kaksi- tai nelitahtista bensiinillä toimivaa mäntämoottoria kutsutaan yleensä ottomoottoriksi. Kaksitahtisen ottomoottorin toimintaa en tässä työssä ala tarkemmin selittämään, koska kohdeauto on nelitahtinen. [1.]

Nelitahtimoottorin nimitys tulee siitä, että siinä männällä on neljä erilaista tahtia, jotka toistuvat peräjälkeen moottorin käydessä. Nämä neljä tahtia ovat imu-, puristus-, työ- ja pakotahti. Imutahdin aikana männän liike alaspäin imee sylinteriin joko polttoaine-ilmaseosta tai pelkkää ilmaa imuventtiilin kautta. Jos mäntä imee pelkkää ilmaa, silloin poltto-aine ruiskutetaan suoraan sylinteriin. Puristustahdissa kaikki venttiilit ovat kiinni, ja männän liike ylöspäin puristaa polttoaine-ilmaseoksen 2000-3000 kilopascalin paineeseen. Tällöin syntyvä puristuslämpötila on noin 400-500 astetta celsiusta. Ennen kuin puristustahti on loppunut, sytytetään seos palaamaan sytytystulpan tuottaman kipinän avulla. Työtahdin aikana palamisesta syntyvä energiaa työntää männän alaspäin, jolloin kiertokangen kautta välitetään liike kampiakselille. Kampiakseli taas siirtää liikkeen voimansiirrolle, josta se lopulta päätyy vetäviin pyöriin asti. Pakotahdin aikana ylöspäin liikkuva mäntä painaa palamisessa vapautuneet kaasut pakuventtiilin kautta ulos sylinteristä.[1.]

Polttoaine-ilmaseoksen on oltava oikea, jotta se saadaan syttymään. Ilmakertoimen (λ) täytyy tuolloin olla 0,6 ja 1,6 välillä. Kolmitoimikatalysaattorilla varustetuissa autoissa, kuten tämän työn kohdeauto, on ilmakerroin saatava pysymään 0,97 ja 1,03 välillä. Tarkka ilmakerroin johtuu siitä, että silloin katalysaattori saadaan toimimaan. Katalysaattori on saatava toimimaan, koska muuten ei päästä nykyisiin päästönormeihin.[1.]

Bensiinin täydellinen palaminen vaatii 14,7 kilogrammaa ilmaa ja yhden kilon bensiiniä. Tällöin ilmakertoimeksi saadaan tasan 1. Tällä ilmakertoimella saavutetaan polttoaineen täydellinen palaminen. Se ei kuitenkaan anna parasta tehoa moottorista, vaan siihen vaaditaan hieman rikkaampi seos. Siihen pyritään kuitenkin vain maksimitehoa tavoiteltaessa, koska muuten syntyy turhaan ylimääräisiä päästöjä ja polttoaineenkulutus kasvaa. Muulloin voidaan käyttää laihempaa seosta. Jos seos on liian laiha, eli ilmaa on liikaa, voi helposti syntyä nakutusilmiö. Nakutus tarkoittaa sitä, kun liekin nopeus kasvaa äänennopeuden lähelle. Tästä syntyy korkeita painehuippuja, jotka voivat tehdä tuhoa moottorissa. Jos taas seos on liian rikkaalla, eli bensiiniä on liikaa ilman määrään nähden, kaikki polttoaine ei pala kunnolla ja syntyy turhaa polttoaineen kulutusta. [1.]

3 BENSIININ SUIHKUTUSJÄRJESTELMÄT

Bensiinin suihkutusjärjestelmät voidaan jakaa ulkoisen ja sisäisen seoksen muodostumisen mukaan. Ulkoinen seoksen muodostus voidaan jakaa vielä kuivaan ja märkään imusarjaan. Ulkoisen ja sisäisen seoksen muodostuksen erona on se, että sisäisessä seoksen muodostuksessa polttoaine suihkutetaan suoraan palotilaan ja ulkoisessa imukanavaan. Ennen suihkutusjärjestelmiä oli käytössä kaasutin, jossa säätöominaisuudet olivat huonot. Kerron tässä pelkästään sähkökäyttöisistä järjestelmistä, koska kaasuttimet ovat nykyään harvinaisia. Kaasuttimella toimivia moottoreita ei nykyautoissa enää ole, koska niiden säätäminen nykyisiin päästönormeihin on mahdotonta. Myös kohdeautossa on sähköinen suihkutusjärjestelmä. [2.]

Perusidea näissä järjestelmissä on mitata sylinteriin menevän ilman määrä ja säätää suihkutus sen perusteella. Vanhemmissa järjestelmissä käytettiin ilmamäärämittaria, mutta nykyään käytössä on ilmamassamittari. Järjestelmässä on sähköinen

bensiinipumppu, joka ylläpitää painetta. Itse bensiininsuihkutus tapahtuu suuttimien avulla, joita yleensä on yhtä monta kuin moottorissa on sylinterejä. Ylimääräinen bensiini siirtyy takaisin tankkiin. Suihkutusjärjestelmään kuuluu monia erilaisia antureita, riippuen minkälainen järjestelmä on kyseessä. Ilmamäärän lisäksi järjestelmä mittaa muun muassa ilman ja polttoaineen lämpötiloja ja kaasupolkimen asentoa. Näiden kaikkien tietojen perusteella järjestelmä laskee kulloisellekin tilanteelle sopivan suihkutuspainetta.[2.]

4 MOOTTORIN OHJAUS

Moottorin ohjauksen tärkein tehtävä on säätää moottorin vääntömomenttia, josta saadaan teho yhdistettynä moottorin pyörintänopeuteen (kaava 1). Teho välitetään auton voimasiirtoa pitkin vetäville pyörille, jolloin auto saadaan liikkumaan. Vääntömomentin muodostumista ohjataan moottorin ohjauksen eri järjestelmillä. Eri järjestelmiä ovat ilmatäytöksen ohjaus, polttoaine-ilmaseoksen muodostus ja sytytyksen ohjaus. [1.]

$$P = 2\pi Mn \quad (1)$$

Ilmatäytöstä ohjataan perinteisessä moottorissa kaasuläppän avulla. Kaasupoljinta painamalla kaasuläppä avautuu ja päästää ilmaa sylintereille imuventtiilien kautta. Suurin momentti saadaan, kun kaasuläppä on täysin auki. Silloin sylintereihin pääsee mahdollisimman paljon ilmaa. Bensiinimoottori tarvitsee toimiakseen myös polttoainetta. Nykyisin polttoaine-ilmaseos muodostetaan suihkutussuuttimien avulla. Suihkutusjärjestelmät ovat syrjäyttäneet ennen käytössä olleet kaasuttimet, koska niiden avulla päästään pienempiin päästöihin tarkempien säätöjen ansiosta. [1.]

Ottomoottori tarvitsee myös sytytysjärjestelmän, jotta männän puristama ilma-polttoaineseos saadaan syttymään. Sytytystulppien avulla aikaansaadaan kipinä, joka sytyttää seoksen palamaan. Sytytyshetki täytyy valita niin, että saadaan mahdollisimman hyvä kompromissi tehon, polttoaineen kulutuksen ja puhtaiden päästöjen kanssa niin, että moottori ei pääse nakuttamaan.[1.]

5 MEGASQUIRT

Megasquirt on Bruce Bowlingin ja Al Grippon harrastepohjalta kehittämä moottorin polttoaineensyötön ja sytytyksenohjauksen ohjainyksikkö niille, jotka haluavat oppia aiheesta paljon edullisin kustannuksin. Ohjainyksiköstä on jätetty kaikki turha pois, jolloin kustannukset ovat pysyneet kohtuullisina. Megasquirtista on tähän mennessä tullut kolme eri versiota, jotka ovat Megasquirt, Megasquirt II ja Megasquirt III. Itse päädyin Megasquirt II:een, koska III on melko uusi ja siitä ei vielä paljon ole kokemuksia. I taas on liian yksinkertainen, eikä sisällä kaikkia tarvittavia ominaisuuksia. Kehitystä on tapahtunut komponenttien määrän ja prosessorin tehon suhteen. Tästä johtuen myös ominaisuudet ovat kasvaneet ja auton saa toimimaan paremmin. Moottoripyöriä ja veneitä varten on kehitetty myös MicroSquirt, joka on kooltaan huomattavasti pienempi ja kestää erilaisia sääolosuhteita paremmin. Megasquirt on täysin rakentajansa omalla vastuulla, eikä sisällä minkäänlaista tuotetukea. Vikojen ilmetessä niitä joudutaan pohtimaan itse. Tosin joskus voi apu löytyä enemmän Megasquirtia harrastaneilta.[3.]

5.1 Valmistelut

Tarkoituksena oli siis kasata Megasquirt 2 V3.0 ja muokata se käymään suoraan auton alkuperäisen moottorinohjauksen liittimeen. Tätä varten ostettiin käytettynä samanlainen moottorinohjausyksikkö, joka minulla oli kohdeautossa. Se piti avata ja poistaa sisältä kaikki tavarat. Lopulta siihen jäi kiinni vain kotelo ja 88-pinninen liitin. Myöhemmin piirilevyä kasattaessa huomattiin, että se ei mahdu koteloon. Tämän takia piti ostaa vielä vanhemman mallin Motronic, jossa on korkeampi kansi. Tämä ei kuitenkaan käynyt suoraan, vaan jouduin hieman muokkaamaan sekä koteloa että kantta. Itse Megasquirt 2 V3.0 rakennussarjan (kuva 1) lisäksi, joka siis sisältää tyhjän piirilevyn, prosessorin ja kaikki tarvittavat peruskomponentit, jouduttiin ostamaan erillisen joutokäyntimoottorin ohjauspiirin sekä 5 sytytyksenohjaustransistoria.



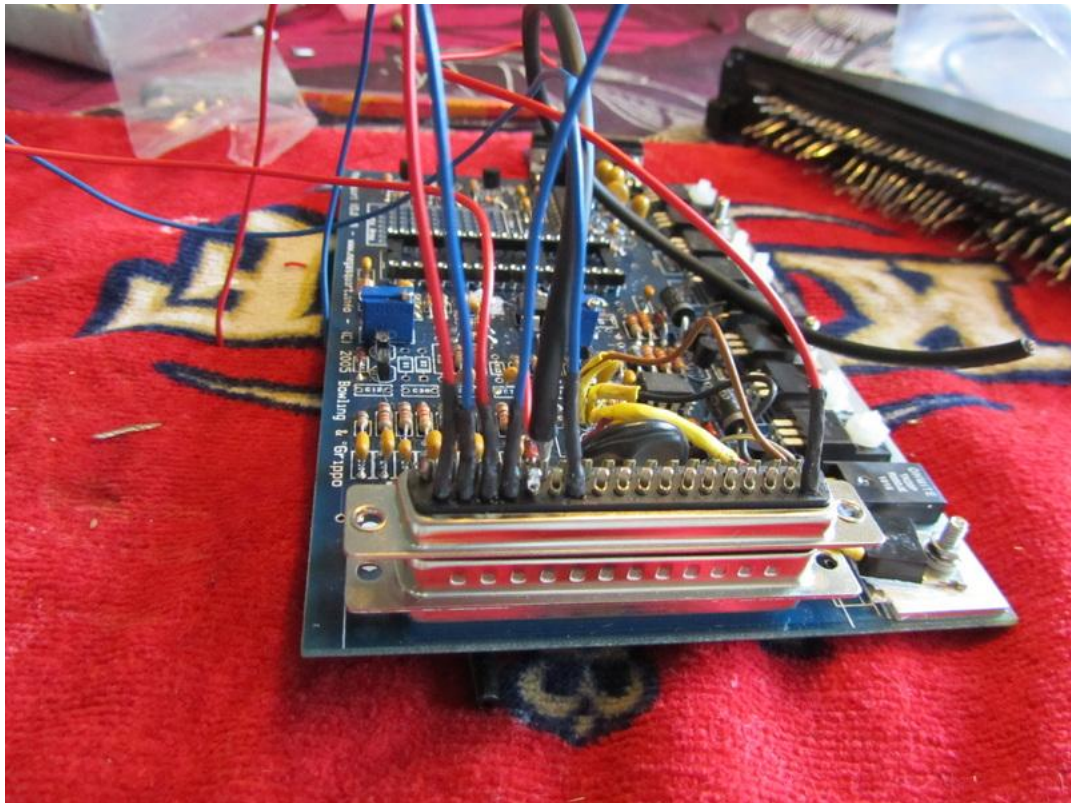
KUVA 1. Komponentit ja piirilevy

Kasauksessa tarvittiin lisäksi erilaisia tarvikkeita ja työkaluja. Työkalut minulta löytyivät omasta takaa. Tarvittavia työkaluja olivat kolvi, juotostinaa, suurennuslasi, erilaisia ruuvimeisseleitä, puukko ja hylsysarja. Paikallisesta elektroniikkaliikkeestä tarvittiin ohuita kaapeleita, suojattua kaapelia, kutistesukkia ja muutamia vastuksia.

5.2 Piirilevyn kokoaminen

Piirilevyn kasaaminen aloitettiin Megamanualin mukaan. Sen järjestys ei ollut kaikista helpoin, vaan se oli laadittu niin, että erilaisia osa-alueita pystyi testaamaan sen valmistuttua. Itse en kuitenkaan testannut eri osioita, koska siihen olisi tarvinnut erillisen stimulaattorin. Tämän takia olikin suuri jännitys, kun asensin valmista Megasquirtia autoon. Siinä tilanteessa olisi ollut täysin mahdollista, että koko laite ei olisi toiminut ollenkaan. Kun laite oli asennettu, pelkoni toteutui, eikä ohjainyksikköön saanut mitään yhteyttä.

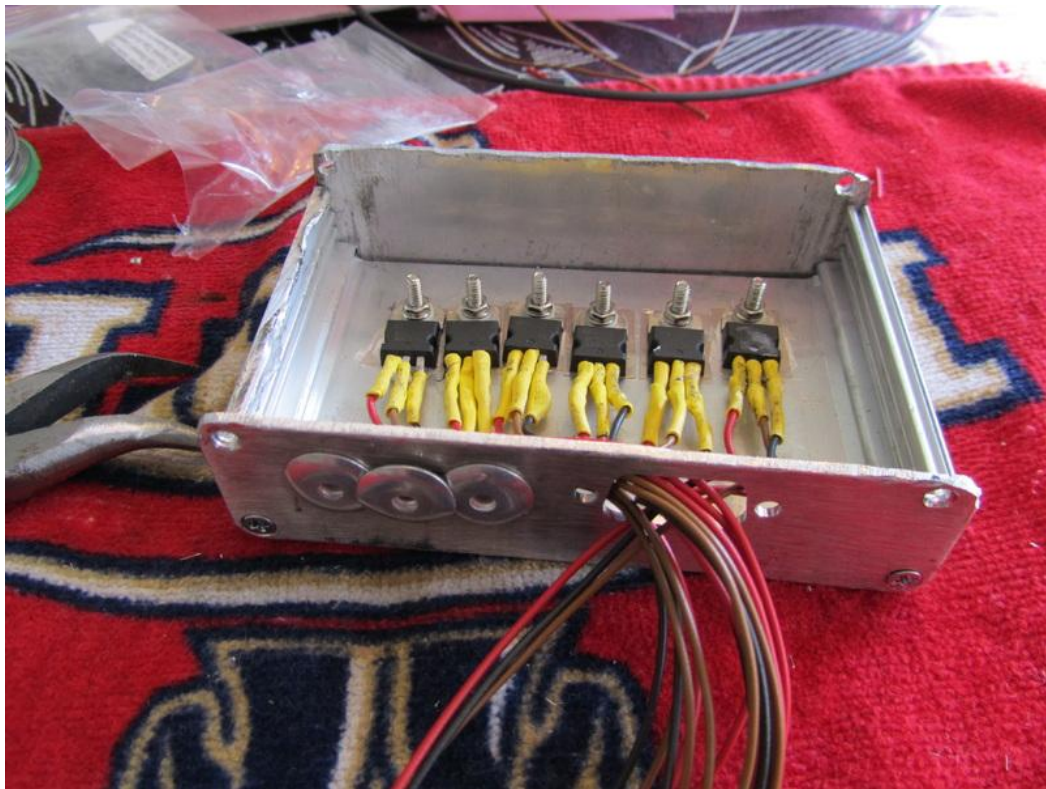
Kokoaminen tapahtui juottamalla komponentti kerrallaan piirilevyyn. Suurin osa komponenteista oli vastuksia, kondensaattoreita, transistoreja ja diodeja (kuva 2).



KUVA 2. Melkein valmis piirilevy ja aloitettu johtosarja

Useissa piireissä oli valinnallisia kohtia, joissa piti tehdä päätöksiä oman auton järjestelmien mukaan. Näistä osa oli helppoja ja ymmärrettäviä, mutta joidenkin vaihtoehtojen kanssa kului paljon aikaa. Tämä johtui siitä, että piti etsiä tietoa oman auton järjestelmistä ja verrata niitä megamanuaaliin. Kaikissa tapauksissa ongelmiin ei ollut aivan yksiselitteistä vastausta. Myöskin M50B25 –moottorin tietojen etsintä oli välillä hieman ongelmallista, joten välillä jouduttiin tyytymään hyvinkin epäluotettaviin lähteisiin.

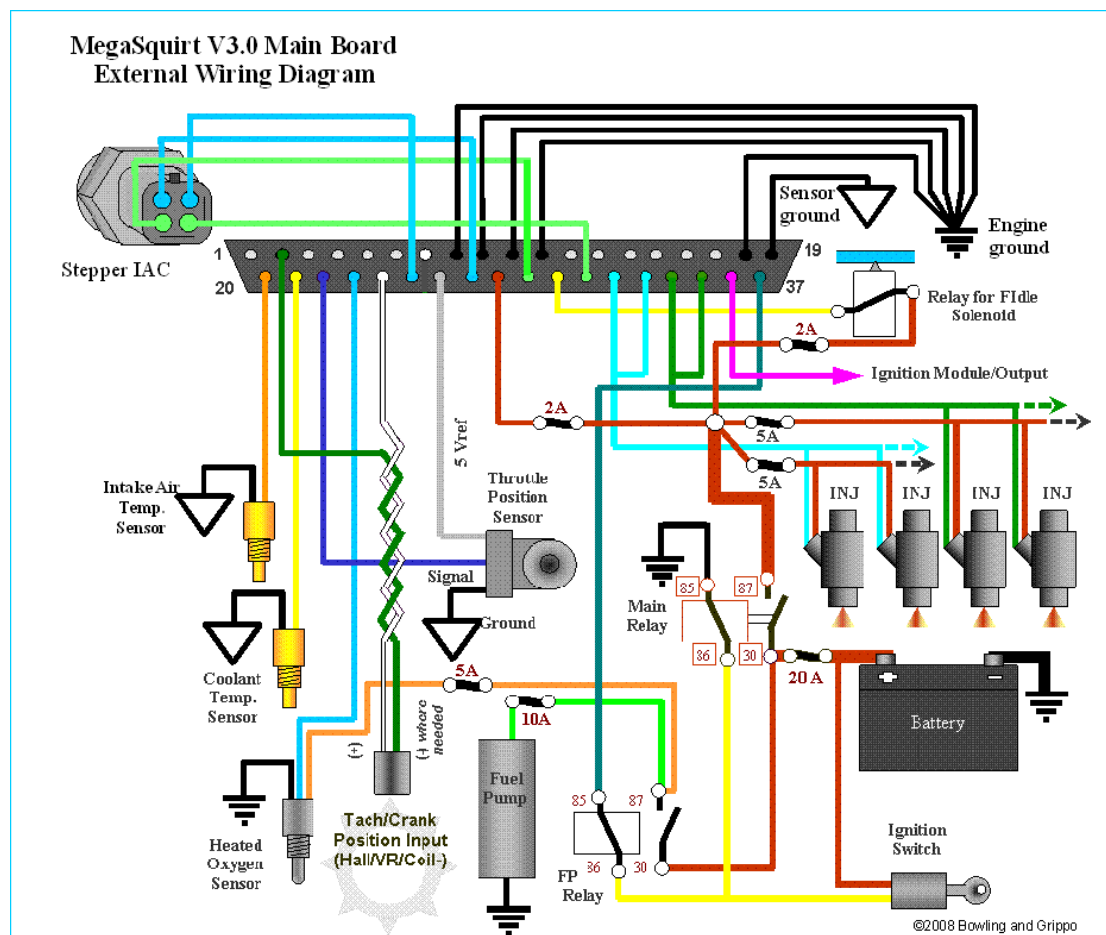
Sytytyksenohjaus päätettiin toteuttaa hukkakipinäperiaatteella, eli 6-sylinterisessä moottorissa jokaisella tahdilla kaksi sylinteri saa yhtä aikaa kipinän. Toisen sylinterin kipinä siis menee periaatteessa hukkaan. Tähän päädyttiin siksi, koska hukkakipinästä ei ole mitään haittaa. Toinen syy oli se, että piiristä tuli paljon yksinkertaisempi kuin kuuden lähdön sijaan tarvittiin rakentaa vain kolme. Sytytyspuolia ohjaavat transistorit sijoitettiin varmuuden vuoksi erilliseen alumiiniseen koteloon. Syynä oli se, että haluttiin varmistaa niiden häiriötön toiminta. Tämän lisäksi transistorit eivät olisi mahtuneetkaan kunnolla samaan koteloon Megasquirtin kanssa. Kotelon niille muokkattiin Megasquirtin mukana tulleesta alumiinikotelosta, joka alun perin on tarkoitettu piirilevylle (kuva 3). Itse en sitä kuitenkaan siihen tarkoitukseen tarvinnut, koska sijoitin piirilevyn Motronicin kuoriin.



KUVA 3. Sytytyksen ohjauksen transistorit omassa kotelossaan

5.3 Johdotus

Johdotus oli ehdottomasti tämän työn vaativin vaihe. Ohjainyksikköön piti siis rakentaa johtosarja Megasquirtin 38-pinnisen liittimen ja Motronicin 88-pinnisen liittimen välille. Tätä lähdettiin toteuttamaan vertailemalla auton omaa kytkentäkaaviota, joka onneksi löytyi internetistä, megamanuaalissa annettuihin ohjeisiin (kuva 4). Myöskin sytytyksenohjaustransistoreille piti rakentaa johtosarja Megasquirtin piirilevyltä erilliseen koteloon, jossa ne sijaitsevat. Vaikka transistorit olisivat mahtuneet samaan koteloon itse piirilevyn kanssa, päätettiin tehdä niille oma kotelo. Tämä tehtiin vain varmistamaan, että transistorien toiminnasta ei aiheudu häiriötä piirilevyn muuhun toimintaan.



KUVA 4. Megasquirtin johdotuksen kaaviokuva

Johdotuksessa käytettiin ohutta elektroniikkaliikkeestä ostettua kaapelia. Kaapeleita oli useampaa eri väriä, jotta lopputuloksesta tulisi selkeämpi. Kaikki liitokset juotettiin kiinni ja laitettiin päälle kutistesukkaa. VR-anturin signaalikaapeleiksi asennettiin

suojattua kaapelia, koska signaali on erittäin herkkä häiriöille. Muualle ei suojattua kaapelia tarvittu.

5.4 Asennus autoon

Megasquirtin varsinaisen kotelo asennettiin vanhan moottorinohjauksen kotelon tilalle, jotta auton puolelta tuleva liitin kävi samalla tavalla paikalleen. Onneksi molemmat laatikot olivat samanlevyisiä, joten siitä ei koitunut ongelmia. Ainoastaan kiinnitystä joutui muokkaamaan, koska uudemman mallin Motronic oli pikalukitteinen ja vanhan mallin kotelo kiinnittyi ruuveilla. Myös sytytystransistorien laatikko mahtui hyvin moottorinohjauksen päälle ja suojakannenkin sai vielä paikalleen pienen muokkauksen jälkeen.

Itse moottorinohjauksen lisäksi piti asentaa imuilmanlämpöanturi, laajakaista lambda-anturi ja poistaa ilmamassamittari. Imuilmalämpöanturin asennettiin ilmansuodattimen koteloon tekemällä siihen reikä, johon anturin sai kierrettyä. Ilmamassamittarin tilalle tehtiin yksinkertaisesti alumiiniputkesta korvauspala.

Laajakaista lambda-anturi kävi suoraan vanhan kapeakaistaisen lambda-anturin paikalle. Laajakaistan ohjainlaite asennettiin auton pohjaan ja siitä lähtevä johtosarja liitettiin lambda-anturin alkuperäiseen liittimeen. Lambdaksi valittiin Innovaten LC-1 malli, joka on todettu hinta-laatusuhteeltaan hyväksi. Innovaten anturi myös kävi suoraan vanhan lambda-anturin paikalle.

5.5 Sääto

Sääto aloitettiin asentamalla Megasquirtin prosessorille ohjelmisto, jonka saa ilmaiseksi ladattua samalta sivustolta, missä Megamanual sijaitsee. Sinne päivitetään aina ohjelmiston uusin versio, joten se on aina ajan tasalla. Lisäksi säätämiseen tarvitaan ohjelma, jolla asetukset ja erilaiset arvot saadaan syötettyä laitteeseen. Ohjelmia on kaksi erilaista, joten latasin molemmat. Vertailtuani molempia ohjelmia tulin siihen tulokseen, että Tuner Studio on huomattavasti selkeämpi ja nopeampi käyttää. Lisäksi siinä on visuaalisuuteenkin kiinnitetty huomiota, joka myös tuo käyttöön enemmän mielekkyyttä (kuva 5). Toinen ohjelma on nimeltään Megatune. Minun mielestäni se tuntui hieman vaikeaselkoiselta ja vanhanaikaiselta. Molemmat

ohjelmat ovat ilmaisia, mutta Tuner Studioon on saatavilla myös maksullinen lisenssi. Se tuo ohjelmaan hieman lisäominaisuuksia, kuten automaattisen säädön ja tallennetavan näkymän. Automaattisella säädöllä voidaan asettaa ohjelma säätämään seoskarttoja automaattisesti, jolloin ei tarvitse kuin ajaa itse. Tallennettava näkymä taas tarkoittaa sitä, että voi muokata näkymän mieleisekseen ilman, että se tarvitsee tehdä joka kerta ohjelmaa avatessa. Se nopeuttaa huomattavasti ohjelman käyttöä.

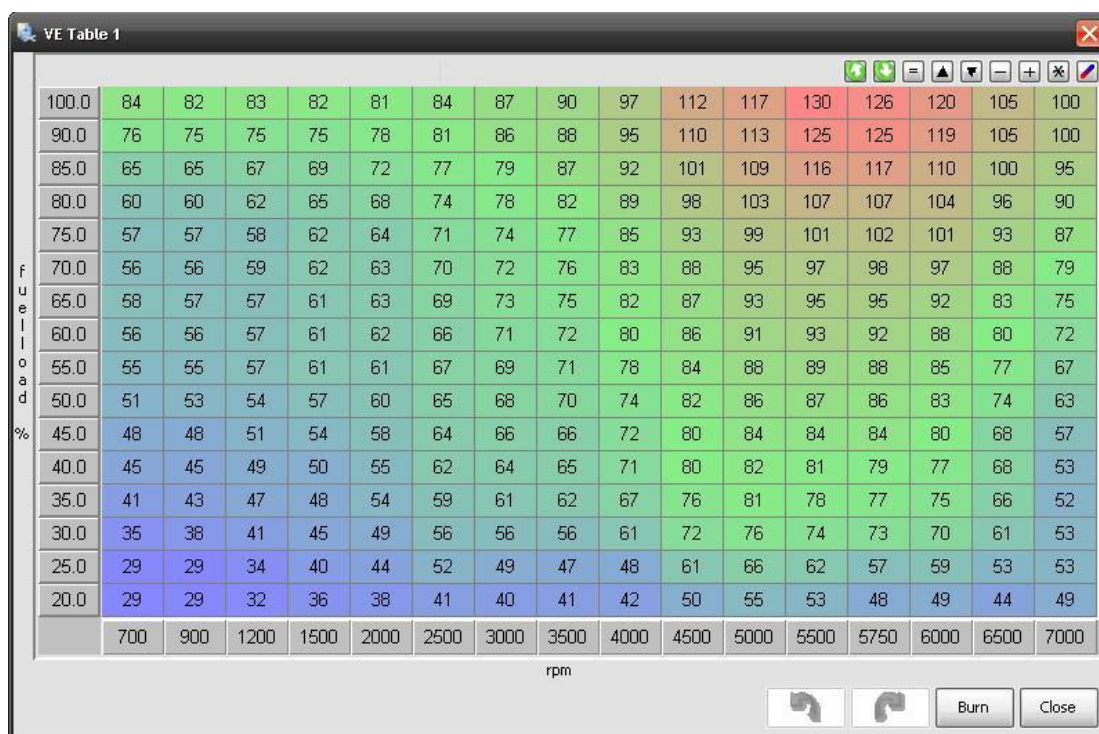


KUVA 5. Tuner Studion etusivu

Kun Megasquirtissa oli ohjelmisto sisällä, alettiin käydä perusasetuksia läpi. Niihin kuului muun muassa sylinterien lukumäärä, iskutilavuus, suutinten virtausnopeus ja puolien latausaika. Perusasetuksia on erittäin paljon. Niiden suhteen piti kuitenkin olla tarkkana, koska pienikin virhe saattaa aiheuttaa isoja ongelmia toiminnan suhteen.

Kun perusasetukset olivat kohdallaan, täytyi sytytysennakko- ja polttoaineensyöttökarttoihin saada lähtöarvot. Säättää helpottaakseni hankittiin sytytys- ja polttoainekartat, jotka oli tehty M50B25-pakokaasuahdettuun moottoriin. Niiden avulla auton sai jo käyntiin. Mutta koska jokainen moottori on erilainen, säätää joutuu tekemään silti erittäin paljon.

Kun auto saatiin käyntiin, alettiin säätää polttoaineilmasuhdetta. Se tapahtui muuttamalla arvoja polttoainekarttaan.



KUVA 6. Polttoainekartta

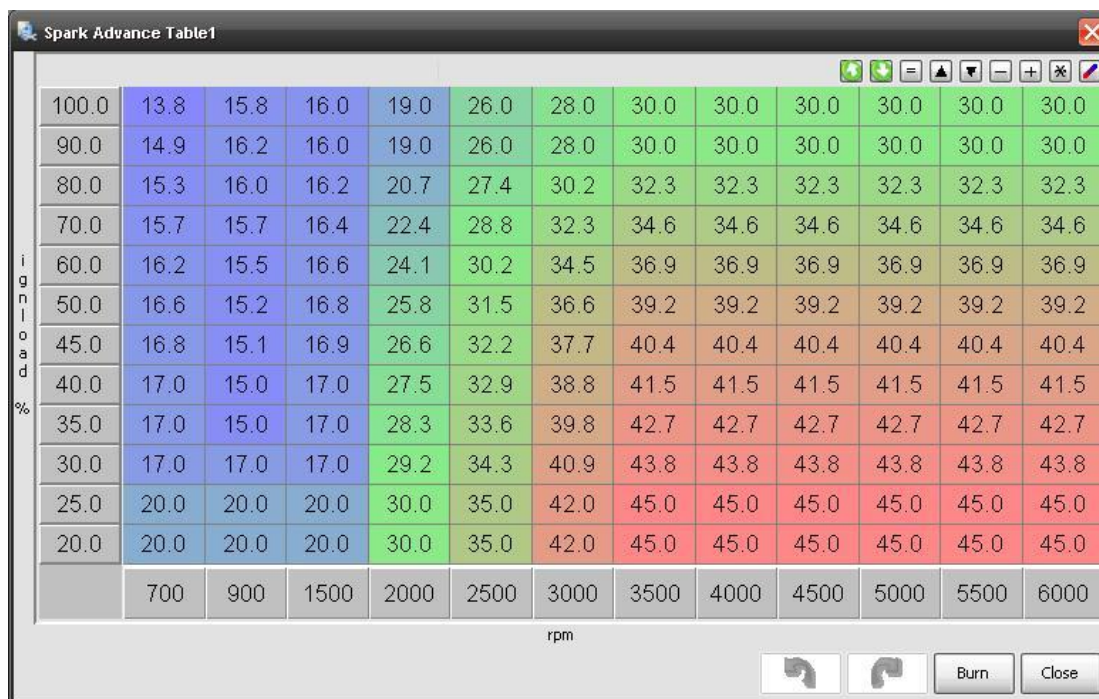
Kartassa on y-akselilla kuormitus, eli imusarjan paine ja x-akselilla moottorin käyntinopeus (kuva 6). Mitä suurempi lukema ruudussa on, sitä enemmän Megasquirt ohjaa bensiiniä suuttimista läpi suuttimien aukioloaika muuttamalla. Arvoja pystyy muuttamaan yhteen tai useampaan ruutuun kerrallaan. Mahdollista on myös skaalata koko kenttää tai osaa siitä prosentuaalisesti jompaankumpaan suuntaan. Kun joutokäynnin seossuhde oli saatu 14,7 tietämille, alettiin nostaa hieman kierroksia ja säätää seosta myös sieltä.

Kun seokset oli saatu suurin piirtein kohdalleen, piti muokata joutokäyntiventtiiliin asetuksia. Auto nimittäin kävi joutokäyntiä noin 2000 kierrosta minuutissa. Tämä ei kuitenkaan onnistunutkaan helposti, koska Megasquirt ei jaksanut ohjata venttiiliä tarpeeksi hyvin. Tämän takia jouduttiin irrottamaan kaikki moottorin imuilmaan liittyvät alipaineletkut tieltä pois, jotta päästiin irrottamaan joutokäyntiventtiili. Kun venttiili saatiin irti, huomattiin sen olevan erittäin likainen. Joutokäyntiventtiili putsattiin ja asennettiin takaisin paikalleen. Samalla uusittiin myös muutamia alipaineletkuja, koska niissä oli havaittavissa halkeilua. Näiden korjaustöiden jälkeen venttiili alkoikin tottelemaan Megasquirtia paremmin ja joutokäynnin säätäminen onnistui tyydyttävästi.

Seuraavaksi päästiinkin sitten jo hieman liikuttelemaan autoa Megasquirtin voimin, kun alettiin säätää polttoainekarttaa laajemmalla alueella. Silloin tietysti piti saada moottorille kuormitusta, joka ei ilman niin sanottua jarrupenkkiä onnistu muuten kuin ajamalla. Tässä vaiheessa tietysti tarvittiin apulainen joko ajamaan tai syöttämään arvoja. Aloitimme tietysti varovaisesti ajamalla hiljaa piha-alueella, jotta välttyimme turhilta vaurioilta tai auton sammumiselta liikenteen joukkoon. Kun säädöt alkoivat vaikuttaa paremmilta, uskalsimme siirtyä tielle ajamaan, jossa oli tasaisempaa ja pystyi ajamaan tasakaasulla pitempiä matkoja. Tämän johdosta saatiin säädettyä polttoainekartta paremmin ja laihoista seoksista johtuvat nykimiset saatiin karsittua pois.

Sytytyksenajoituskarttaan ei puututtu muuten kuin joutokäyntialueella. Sillä saatiin säädettyä joutokäyntiä tasaisemmaksi. Koska sytytyskartta oli pakokaasuahdetusta koneesta, ennakot olivat pienet vapaasti hengittävään moottoriin. Tämä ei oikeastaan haitannut tässä vaiheessa, koska moottori kuitenkin toimi tasaisesti. Korkeammat sytytysennakot olisivat saattaneet aiheuttaa nakutusilmiöitä, joten ne jätettiin sytytyksen säädön ammattilaiselle. Jarrupenkissä etuna on vielä se, että kuormitus pystytään pitämään täysin vakiona. Liikenteessä ajaessa kuormitus pyrkii vaihtelevaan koko ajan.

Säätöpaikka löytyi Jyväskylästä ja matka sinne sujui ongelmitta. Perillä auto kiinnitettiin liinoilla kiinni jarrupenkkiin, jonka jälkeen alkoi säätötyö. Jarrupenkki toimii niin, että vetävät pyörät asetetaan rullien päälle. Rullien vastusta voidaan säätää portaattomasti, jolloin voidaan tarkkaan säätää moottorin eri kuormitustilanteita. Vaikka polttoainekartat olivat säädetty suurin piirtein kohdalleen, niitä joutui muokkaamaan vielä paljon sytytysennakon muokkaamisen takia. Ennakoissa olikin erittäin paljon muokattavaa ja säätöön kului kaikkiaan noin kaksi ja puoli tuntia. Loppuvaiheessa säätöä säätäjä vielä teki tehovedon, jossa kiihdytetään yhdellä vaihteella aivan alakierroksilta maksimikäyntinopeudelle asti kaasupohjassa. Tämän perusteella tietokone piirsi sitten teho- ja vääntömomenttikäyrät.



KUVA 7. Sytytysennakkokartta

Sytytysennakkokartassa on y-akselilla kuormitus eli imusarjan paine ja x-akselilla moottorin pyörintänopeus (kuva 7). Arvot tarkoittavat sytytysennakkoa asteina.

Megasquirtiin on olemassa lokitiedostojen lukemiseen tarkoitettu ohjelma, joka on nimeltään MegaLogViewer. Ohjelma toimii niin, että moottorin käydessä voidaan aloittaa tietojen keruu ja lopettaa se halutussa vaiheessa. Tällöin TunerStudio tallentaa tietokoneelle tiedoston, joka on avattavissa LogViewerillä.

Siitä pystytään lukemaan kaikki tieto, mitä Megasquirt on kerännyt kyseisen tallennusjakson aikana. Tiedot näkyvät näytöllä käyrinä, sekä alarivissä on listattuna kaikki tiedot numeerisessa muodossa (kuva 9). Tästä on hyötyä varsinkin silloin, kun tietää esimerkiksi kiihdytyksessä jonkun tietyn kohdan, jossa on ongelmaa. Silloin voi etsiä lokitiedostosta juuri sen kohdan ja tarkastella mahdollisia ongelmia.



KUVA 9. MegaLogViewer

6 ONGELMAT

Ensimmäiset ongelmat tässä työssä tulivat piirilevyn kasauksessa. Aina ei menty Megamanualin mukaan, jolloin ei välttämättä ollut kunnollisia ohjeita saatavilla. Nämä ongelmat ratkesivat pohtimalla ja lueskelemalla muiden projekteja. Lisäksi Megamanualissa oli kohtia, joissa piti valita eri vaihtoehtojen kesken. Tällainen oli esimerkiksi sisääntulopiirin kytkentä, jossa piti valita, rakennetetaanko piiri vr- vai hall-anturille. Tässä kohtaa valittiin vr-anturin kytkentä, koska moottorissa kampiakselin asentoa lukee vr-anturi 60-2 triggeripyörältä. Toinen suurempi poikkeus megamanualista oli pulssiohjatun tyhjäkäyntiventtiilin ohjauksen kytkentä. Sille piti asentaa erillinen transistori, joka on riittävän tehokas ohjatakseen kyseistä venttiiliä.

Seuraava ongelma oli se, että Megasquirtiin ei saatu yhteyttä tietokoneella. Tämän ongelman kanssa taisteltiin hyvinkin pitkään. Kokeiltiin erilaisia ajureita sarjaportin ja tietokoneen usb-portin väliselle adapterille ilman tulosta. Sen lisäksi yritettiin eri tietokoneella, jossa oli suoraan paikka sarjaporttikaapelille. Lopulta tarkistettiin tietokoneen ja usb-adapterin välinen välikaapeli, joka oli itse tehty. Siellä oli vahingossa kytketty väärät pinnit. Megasquirthan ei tarvitse 9-pinniseltä liittimeltä toimiakseen kuin 3 pinniä. Tämän takia oltiin jätetty muut kytkemättä.

Sitten mentiinkin hetki ilman ongelmia, kunnes oltiin päässyt siihen vaiheeseen, että alettiin käynnistää autoa. Avaimesta käännettäessä käynnistinmoottori kyllä pyöri, mutta auto ei vain käynnistynyt. Megasquirtille ei jostain syystä tullut kierroslukutietoa, eikä moottorinohjauksen relekään kytkeytynyt päälle. Releen ohjaus oli helppo toteuttaa ottamalla signaali Megasquirtilta releelle menevään pinniin auton liittimeen. Kierrosluvun löytäminen olikin sitten jo paljon pidempi prosessi. Tutkin kaikki liitokset, eikä vikaa löytynyt millään. Perusasetukset käytiin läpi, koska ajateltiin vian löytyvän sieltä. Millään ei ollut kuitenkaan vaikutusta ongelmaan. Olin tarkastanut johdotuksen jo moneen kertaan, jonka jälkeen päätin vaihtaa johtosarjasta VR-anturille menevät johdot. Ne olivat suojattua johtoa, joissa suojasukka maadoitettiin. Päätin asentaa uudet johdot aivan normaalista johdosta. Asennettuani johdot lähdin kokeilemaan, oliko sillä vaikutusta ja auto käynnistyiikin. Olen melko varma, että suojatun johdon suojaus oli jotenkin kutistesukan sisällä kosketuksissa signaalijohtoon. Tämä olisi hyvinkin voinut aiheuttaa signaalin katoamisen.

7 TULOKSET

Dynamometrisäädön jälkeen auton maksimi tehoksi saatiin 151,38 kilowattia ja maksimi vääntömomentiksi 260 newtonmetriä. Vakiona autossa on 143,1 kilowattia ja 245 newtonmetriä. Tehon ja väännön kasvu oli mielestäni merkittävä, koska moottoriin ei tehty mitään mekaanisia muutoksia ilmamassamittarin poistamisen lisäksi.

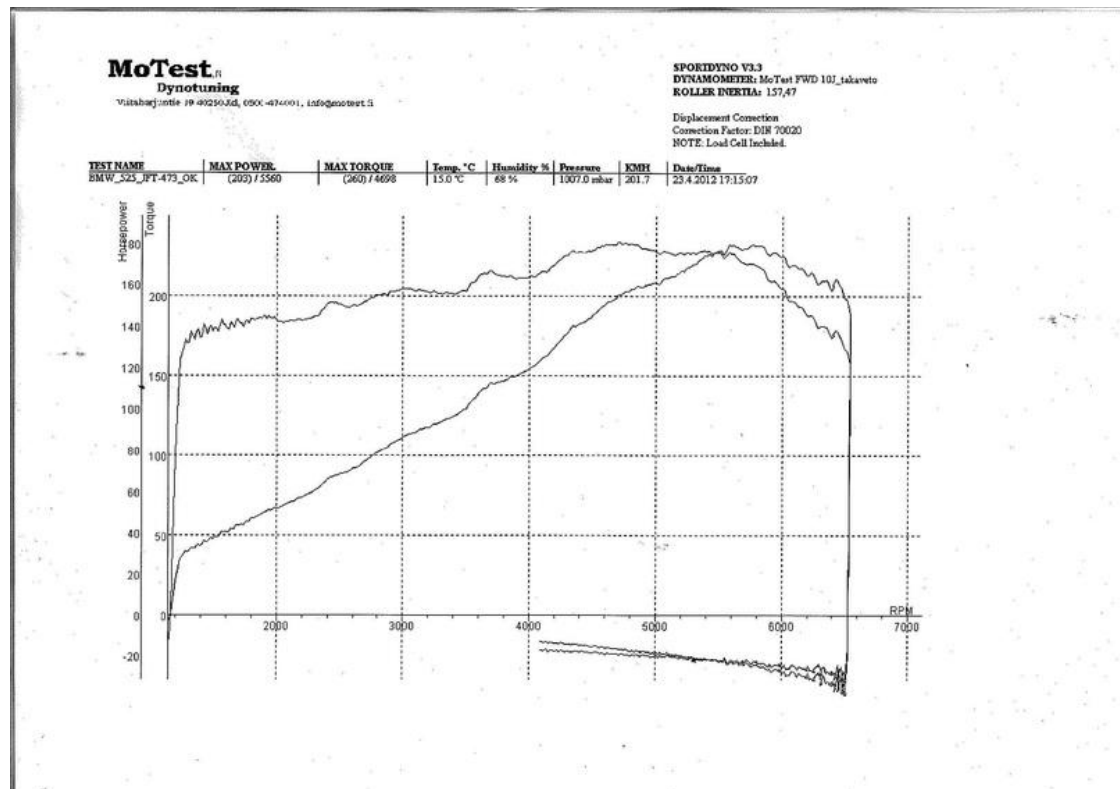
Erityisen tyytyväinen olen vääntömomenttikäyrän muotoon. Moottorin käynti nopeuden ollessa 1000 kierrosta minuutissa vääntöä on jo noin 175 Newtonmetriä, joka on 67,3 prosenttia huippuväännöstä (kaava 2). Tämä siis tarkoittaa käytännössä sitä, että suuri osa vääntömomentista on käytössä heti liikkeellelähdon jälkeen. Maksimivääntö saadaan moottorista täysin samalla kierrosnopeudella kuin vakiossakin eli 4700 kierroksessa minuutissa.

$$\frac{175Nm}{260Nm} = 0,673 \times 100 = 67,3\% \quad (2)$$

Tehon suhteen olen myös tyytyväinen käyrän muotoon, koska se kasvaa erittäin tasaisesti. Ennen viritystä huomasi selvästi, että kun täyskiihdytyksessä

moottorinpyörintänopeus kasvoi 4000-4500 kierrokseen minuutissa, silloin tehoa tuntui tulevan kerralla reilusti lisää. Nyt kiihtyminen on mielestäni tasaisempaa. Maksimitehon sijainti laski samalla hieman 5560 kierrokseen minuutissa. Vakiomoottorissa tehtaan mukaan maksimiteho olisi 5900 kierroksessa minuutissa, eli lähes kierrostenrajoittimen tuntumassa (kuva 8).

Konkreettisesti kiihdyttäessä eron alkuperäiseen huomaa selvästi. Moottori alkaa toimia paremmin alakierroksilta asti ja vetää tasaisesti loppuun asti. Alkuperäisellä moottorinohjauksella moottorissa huomasi selvän äkillisen tehon nousun 4000 ja 5000 kierroksen välillä. Ennen viritystä moottorin käynti saattoi välillä röpeltää tai pätkiä. Nämä eivät olleet olleet suuria pätkimisiä, mutta ne kuitenkin huomasi selvästi. Megasquirtin kanssa en ole kyseistä ongelmaa havainnut.



KUVA 8. Teho- ja vääntömomenttikuvaaja

8 JATKOSUUNNITELMAT

Itse Megasquirtia aion jatkaa vielä ainakin sen verran, että teen siihen kytkennät launch controllille. Launch control tarkoittaa lähtökierrosrajoitinta. Se toimii niin, että lähtiessä paikaltaan liikkeelle voi kaasun painaa pohjaan ilman kierrosten nousemista kierrosten rajoittimeen asetetulle kierrosrajalle. Tästä on se hyöty, että esimerkiksi varttimailia ajaessa saadaan heti kaikki teho irti. Näin saadaan myös aina tarkasti sama kierrosnopeus lähdettäessä, ja sen voi näin ollen säätää juuri optimaaliseksi pitoa ja sutimista ajatellen. Pakokaasuahdetuissa moottoreissa tästä saa vielä enemmän hyötyä, koska lähtiessä saadaan ahtopaineet jo valmiiksi nousemaan.

Tästä työstä sain hyvän pohjan, josta voin lähteä kehittämään Megasquirt – tietämystäni. Seuraavan Megan rakentaminen onnistuu varmasti jo paljon vaivattomammin riippuen tietysti, minkälaiseen autoon aion sen asentaa.

On myös mahdollista, että käytän tätä Megasquirtia myös seuraavissa projekteissa. Tässä tapauksessa tietysti joutuisin palauttamaan nykyiseen autooni Motronic – moottorinohjauksen. Auto toimii kuitenkin käyttöautona, joten se ei olisi välttämättä poissuljettu vaihtoehto.

Kolmantena vaihtoehtona on tietysti alkaa jatkojalostaa nykyistä autoa. Se tarkoittaisi käytännössä sitä, että alkaisin virittää moottoria mekaanisin keinoin. Tällöin varmastikin pitäisi moottorin kantta muokata virtaavammaksi ja huolehtia riittävästä imuilman saannista sekä pakokaasujen poistumisesta. Myös ehdottomia muutoksia olisivat kanteen jyrkempi asteiset nokka-akselit ja voimansiirtoon pitävämpi kytkin ja kevyempi vauhtipyörä. Sytytysjärjestelmä on M50B25 –moottorissa niin hyvin toteutettu, että vakio-osilla pärjäisi todella suurille teholumille asti. Tämä ei kuitenkaan käytännössä ole mahdollista, koska auto on vähäpäästöinen. Se sulkee myös pois pakokaasuahtimen asennuksen.

Jollain tapaa minua kiinnostaisi myös auton opettaminen RE85-bensiinilaadulle, koska se on todella paljon edullisempaa normaaliin 98E5:een nähden. Tämä olisi nyt melko helposti toteutettavissa. Muutos vaatisi isommat polttoainesuuttimet, jotka kestävät etanolia, sekä anturin mittaamaan polttoaineen etanolipitoisuutta. Sen jälkeen tarvitsisi vain säädättää auto toimimaan RE85:llä. Suurehkon etanolipitoisuuden takia

kulutus tietysti kasvaisi, koska etanolissa on vähemmän energiaa kuin bensiinissä. Polttoainekuluissa se ei kuitenkaan merkitsisi niin paljon, että se ei olisi kannattavaa.

9 YHTEENVETO

Kaiken kaikkiaan onnistuin tavoitteissani mainiosti. Tärkein tavoite oli siis oppia ymmärtämään moottorinohjauksen toimintaa paremmin. Nyt ymmärrän hyvin eri laitteiden ja osakokonaisuuksien vaikutuksen moottorin toimintaan paremmin. Lisäksi kaikki tämän moottorityypin osista ovat tuttuja lukuun ottamatta moottorin lohossa ja kannessa olevia osia.

Polttoaineen kulutuksen tarkempi tarkastelu ei valitettavasti onnistunut, koska en saanut kulutusmittaria toimimaan toistaiseksi. Tarkastelin polttoaineenkulutusta kuitenkin hieman ja päädyin tulokseen, että matka-ajossa kulutus laskee noin 0,5-1,0 litralla sadalle kilometrille. Tähän tulokseen päädyin tankkaamalla tankin täyteen, minkä jälkeen ajoin maantiellä ja tankkasin uudelleen tankin täyteen. Tästä sain laskettua kulutuksen suurin piirtein. Kaupunkiajossa en huomannut eroa.

Periaatteessa minulla olisi vielä mahdollisuuksia laskea kulutusta lisää. Säädetävyyden ansiosta seosta voisi laihentaa siihen pisteeseen asti, että auto alkaa nykiä. Sitten nostaisi seosta hieman takaisin ylöspäin. Tätä en tosin mielelläni tee, koska autossa on nyt ammattilaisen säätämät kartat. Niillä toiminta on niin tasaista, että en siihen mielelläni alkaisi puuttua.

Kolmantena tavoitteena oli huipputehon kasvattaminen. Tässä tavoitteessa minulla oli kaksi vaihetta. Ensimmäinen oli tehtaan ilmoittama vakioteho, joka on 143,1 kilowattia (192 hevosvoimaa), ja toinen 149,1 kilowatin (200 hevosvoiman) raja. Molemmat ylittyivät, joten tyytyväinen täytyy olla.

LÄHTEET

1. Robert Bosch GmbH, Autoteknillinen taskukirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 2002.
2. Juhala, Matti, Lehtinen, Arto, Suominen, Matti, Tammi, Kari, Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 2005.
3. MegaSquirt. Megamanual. <http://www.megamanual.com/index.html>. Päivitetty 26.9.2011. Luettu 4.5.2012.